

## FUEL SUPPLY SYSTEM FOR FUEL CELL

**Patent number:** JP2001266922  
**Publication date:** 2001-09-28  
**Inventor:** SUGAWARA TATSUYA; KOBAYASHI TOMOKI  
**Applicant:** HONDA MOTOR CO LTD  
**Classification:**  
- **International:** H01M8/06; F04F5/18; H01M8/04; H01M8/10  
- **European:**  
**Application number:** JP20000085291 20000324  
**Priority number(s):**

### Abstract of **JP2001266922**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To control with a broad output range easily with a simple configuration.

**SOLUTION:** A fuel supply system 10 for a fuel cell has a configuration equipped with a fuel cell 11, a fuel supply section 12, an oxidizer supply section 14, an ejector 17, a fuel supply side pressure control section 18, and a bypass side pressure control section 19. The fuel supply side pressure control section 18 is arranged between the fuel supply section 12 and a humidifying section 13, and the ejector 17 is arranged between the fuel supply side pressure control section 18 and the humidifying section 13. A bypass duct 22 to bypass the ejector 17 is installed in the duct connecting the fuel supply side pressure control section 18 and the humidifying section 13, and the bypass side pressure control section 19 is installed in the bypass duct 22. When the outlet pressure of hydrogen at the outlet of the ejector 17 drops to less than the supply pressure determined by the bypass side pressure control section 19, a valve of the bypass side pressure control section 19 is opened and hydrogen is supplied to the fuel cell 11 from the bypass duct 22.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-266922  
(P2001-266922A)

(43)公開日 平成13年9月28日(2001.9.28)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト*(参考)
H 0 1 M	8/06	H 0 1 M 8/06	B 3 H 0 7 9
F 0 4 F	5/18	F 0 4 F 5/18	5 H 0 2 6
H 0 1 M	8/04	H 0 1 M 8/04	P 5 H 0 2 7
	8/10	8/10	A
審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)			

(21)出願番号 特願2000-85291(P2000-85291)

(22)出願日 平成12年3月24日(2000.3.24)

(71)出願人 000005326

本田技研工業株式会社  
東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 菅原 竜也

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(72)発明者 小林 知樹

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(74)代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外5名)

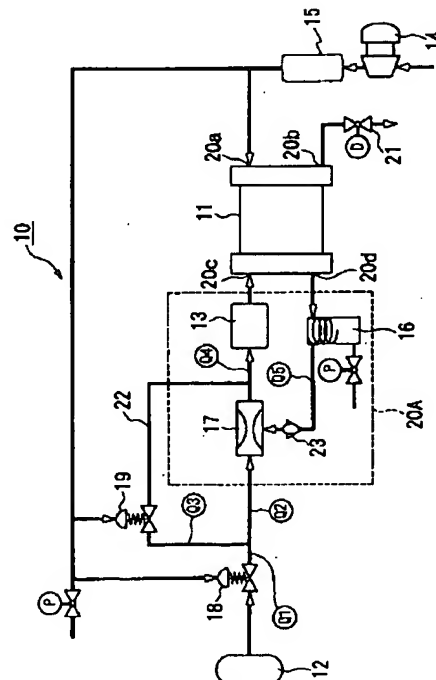
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 燃料電池の燃料供給装置

(57)【要約】

【課題】 単純な構成で、容易に、広範な出力範囲の制御を行う。

【解決手段】 燃料電池の燃料供給装置10を、燃料電池11と、燃料供給部12と、酸化剤供給部14と、エゼクタ17と、燃料供給側圧力制御部18と、バイパス側圧力制御部19とを備えて構成した。燃料供給部12と加湿部13との間に燃料供給側圧力制御部18を設け、燃料供給側圧力制御部18と加湿部13との間にエゼクタ17を設けた。燃料供給側圧力制御部18と加湿部13とを接続する流路に、エゼクタ17を迂回するバイパス流路22を設け、バイパス流路22にはバイパス側圧力制御部19を設けた。エゼクタ17の出口での水素の出口圧が、バイパス側圧力制御部19で設定された供給圧以下になると、バイパス側圧力制御部19を開弁して、バイパス流路22から燃料電池11へ水素を供給する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 燃料電池に酸化剤を供給する酸化剤供給手段と、前記酸化剤の圧力に応じた圧力で、燃料を前記燃料電池に供給する第1の燃料供給手段と、

前記第1の燃料供給手段から供給された前記燃料のうち前記燃料電池から排出された排出燃料を、新たに前記第1の燃料供給手段から供給された前記燃料に混合して前記燃料電池へ再循環させる燃料循環手段と、

前記燃料循環手段と並列に設けられ、前記酸化剤の圧力に応じた供給圧力で、前記燃料を前記燃料電池に供給する第2の燃料供給手段とを備え、

前記第2の燃料供給手段は、前記燃料の圧力に関して、前記第1の燃料供給手段の出口圧と前記第2の燃料供給手段の出口圧との圧力差が、所定の圧力閾値を超えた場合に、前記燃料を前記燃料電池に供給することを特徴とする燃料電池の燃料供給装置。

【請求項2】 前記燃料循環手段は、前記燃料電池で消費された前記燃料の消費流量に対する（前記燃料電池に供給された前記燃料／前記燃料の消費流量）特性が異なる複数のエゼクタが並列に配置されてなり、前記複数のエゼクタの少なくとも1つが選択されて切替制御されることを特徴とする請求項1に記載の燃料電池の燃料供給装置。

【請求項3】 前記切替制御は前記燃料電池の出力に応じて制御されることを特徴とする請求項2に記載の燃料電池の燃料供給装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池から排出される排出燃料を、新たに供給される燃料と混合して燃料電池に再循環させる燃料電池の燃料供給装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、固体高分子膜型燃料電池は、固体高分子電解質膜をアノードとカソードとで両側から挟み込んで形成されたセルに対し、複数のセルを積層して構成されたスタック（以下において燃料電池と呼ぶ）を備えており、アノードに燃料として水素が供給され、カソードに酸化剤として空気が供給されて、アノードで触媒反応により発生した水素イオンが、固体高分子電解質膜を通過してカソードまで移動して、カソードで酸素と電気化学反応を起こして発電するようになっている。ここで、固体分子電解質膜のイオン導電性を保つために、燃料電池に供給される水素には加湿装置等によって過剰の水が混合されている。このため、燃料電池の電極内のガス流路に水が溜まって、このガス流路が塞がれることがないように、排出燃料には所定の排出流量が設定されている。この際、排出燃料を、新たに燃料電池に導入される燃料に混合して再循環させることで、燃料を有効に活用することができ、固体高分子膜型燃料電池のエネルギー

効率を向上させることができる。

【0003】従来、上述したような燃料電池装置として、例えば特開平9-213353号公報に開示された燃料電池装置のように、エゼクタによって排出燃料を再循環させる燃料電池装置が知られている。この燃料電池装置では、排出燃料の再循環用の流路に圧力計が組み込まれており、この圧力計による検出結果に基づいて、エゼクタの燃料供給弁の開度が調節制御され、エゼクタにより混合された排出燃料及び新たに導入された燃料の流量が変化させられている。そして、エゼクタの下流に設けられた流量計による検出結果に基づいて、排出燃料及び新たに導入された燃料の流量に対するフィードバック制御が行われることで、燃料電池にて消費される燃料の量、つまり燃料電池装置の出力が制御されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術の一例による燃料電池装置のように、例えば可変オリフィス等によって流量可変とされたエゼクタを備えた場合、例えば燃料電池装置内の複数箇所の流路で燃料の圧力及び流量を検出してフィードバック制御を行う必要があり、燃料電池装置の構造及び制御が複雑化してしまうという問題がある。本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、単純な構成で広範な出力範囲に対応することができ、しかも容易に制御可能な燃料電池の燃料供給装置を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決して係る目的を達成するために、請求項1に記載の本発明の燃料電池の燃料供給装置は、燃料電池（例えば、後述する実施の形態における燃料電池11）に酸化剤（例えば、後述する実施の形態における空気）を供給する酸化剤供給手段（例えば、後述する実施の形態における酸化剤供給部14）と、前記酸化剤の圧力（例えば、後述する実施の形態における信号圧）に応じた圧力（例えば、後述する実施の形態における供給圧）で、燃料（例えば、後述する実施の形態における水素）を前記燃料電池に供給する第1の燃料供給手段（例えば、後述する実施の形態における燃料供給側圧力制御部18）と、前記第1の燃料供給手段から供給された前記燃料のうち前記燃料電池から排出された排出燃料を、新たに前記第1の燃料供給手段から供給された前記燃料に混合して前記燃料電池へ再循環させる燃料循環手段（例えば、後述する実施の形態における（第1）エゼクタ17、第2エゼクタ43）と、前記燃料循環手段と並列に設けられ、前記酸化剤の圧力に応じた供給圧力（例えば、後述する実施の形態における供給圧）で、前記燃料を前記燃料電池に供給する第2の燃料供給手段（例えば、後述する実施の形態におけるバイパス側圧力制御部19）とを備え、前記第2の燃料供給手段は、前記燃料の圧力に関して、前記第1の燃料供給手段の出口圧と前記第2の燃料供給手段の出口

圧との圧力差が、所定の圧力閾値（例えば、後述する実施の形態における（供給圧 $P_{se}$ －供給圧 $P_{sb}$ ））を超えた場合に、前記燃料を前記燃料電池に供給することを特徴としている。

【0006】上記構成の燃料電池の燃料供給装置によれば、例えば圧力制御弁等からなる第1の燃料供給手段によって所定の供給圧で燃料が供給される際に、燃料循環手段を通過する燃料の流量が、最大流量に達して飽和した場合であっても、この燃料循環手段を迂回するようにして並列に配置された、例えば圧力制御弁等からなる第2の燃料供給手段を介して燃料電池に燃料を供給することができる。例えば図1に示す燃料電池で消費される燃料の流量 $Q_1$ に対する、燃料電池に供給される燃料の流量 $Q_4$ の比（以下において、ストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）と呼ぶ）の変化を示すグラフ図のように、第1の燃料供給手段から供給された燃料が通過する燃料循環手段、例えばエゼクタのノズルに関して、相対的にノズル径の小さなエゼクタE1（図1に示す実線E1）と、相対的にノズル径の大きなエゼクタE2（図1に示す実線E2）とに対して、所定の圧力で各エゼクタE1、E2に燃料が供給されると、エゼクタE1に対するストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）は、エゼクタE2に対するストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）よりも大きくなるが、エゼクタE1での最大流量 $Q_{E1}$ は、エゼクタE2での最大流量 $Q_{E2}$ よりも小さくなる。すなわちエゼクタのノズル径、つまりノズルの断面積が小さくなって燃料の流量が少なくなると、ストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）は大きくなって燃料を循環させる能力は高くなるが、エゼクタを通過可能な燃料の最大流量は低下する。

【0007】ところで、燃料電池には、例えば内部に燃料を流通させるための構造や、例えば内部で生成された水を外部に排出するために必要な排出燃料の流量や、燃料電池を構成する触媒及び固体高分子電解質膜の特性等に応じて、供給される燃料に対する利用率に関して所定の閾値が設定されており、この燃料の利用率はストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）の逆数に等しい。例えば、燃料電池に供給される燃料の利用率を、所定の閾値を超えて高くすると、燃料の供給口近傍と、排出口近傍とで、燃料の密度変化が大きくなり、燃料電池を構成する各セルの表面上において出力密度の分布が不均一となる。ここで、燃料からの水素イオンが固体高分子電解質膜を透過する際の損失によって発熱が生じるため、各セルにおいて発熱分布が不均一となり、例えば燃料電池の寿命等を予測することが困難となって、燃料電池の性能を維持することができなくなる恐れがある。なお、各燃料電池に対して設定された燃料の利用率の閾値、つまり燃料電池の負荷に応じて設定された所定の下限ストイキST（例えば図1に示す破線ST）に関して、消費された燃料の流量 $Q_1$ が小さい、つまり燃料電池の出力が低い低出力時には、例えば燃料電池の内部から水を排出するために、相対的

に大きな排出流量が必要である。

【0008】従って、例えば図1に示すエゼクタE1のように、燃料電池の低出力側（低負荷領域）で下限ストイキSTを満たすように、相対的にノズル径の小さなエゼクタE1を用いてストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）を増大させた際に、エゼクタE1にて混合されて燃料電池へ供給される排出燃料及び新たに導入された燃料の流量が、最大流量 $Q_{E1}$ に到達した時点で、このエゼクタE1を迂回するようにして並列に配置された第2の燃料供給手段、例えば圧力制御弁を開弁して燃料電池へ燃料の供給を開始する。これにより、エゼクタE1の最大流量 $Q_{E1}$ で制限されること無しに、高出力側の広範な領域においても、下限ストイキSTを満たすストイキ特性E1b（図1に示す点線E1b）により、燃料電池に燃料を供給することができる。

【0009】例えば、電気自動車等の車両に搭載された燃料電池に対して、車両のアイドル運転時に要求される下限ストイキSTを満たすように、例えばエゼクタのノズル径を細くする等によって、燃料電池の低出力時には、エゼクタでの副流吸引力、つまり排出燃料を再循環させる能力を確保して、ストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）が大きな値となるように設定する。一方、エゼクタのノズル径を細くすることに起因して、燃料電池の高出力側で不足する流量分については、第2の燃料供給手段から燃料を供給することによって補うことができ、低出力側から高出力側への広範な出力範囲に亘って、容易に燃料電池を制御することができる。

【0010】さらに、エゼクタを通過する燃料の流量が増大することに伴って、エゼクタの両端における圧力損失は徐々に飽和した状態へと移行して、エゼクタの最大流量に達した時点で圧力損失は飽和値となる。この飽和値を、例えば、所定の圧力閾値として設定することで、エゼクタから燃料電池へ供給される燃料の流量が飽和した後は、直ちに第2の燃料供給手段から燃料の供給を行うことができ、要求されるストイキ特性を確実に満たすようにして燃料電池を制御することができる。

【0011】しかも、酸化剤供給手段として例えばエア－コンプレッサーを用い、圧力制御手段として例えば空気式の比例圧力制御弁を使用して、エア－コンプレッサーからの空気を、酸化剤として燃料電池へ供給すると共に、第1及び第2の燃料供給手段の比例圧力制御弁へ供給することで、空気の圧力を信号圧として、この信号圧に応じた供給圧で第1及び第2の燃料供給手段の比例圧力制御弁から燃料を供給することができる。これにより、燃料電池に対する燃料供給を、酸化剤である空気の圧力のみによって容易に制御することができる。すなわち、燃料電池の燃料極と空気極との間で必要とされる所定の極間圧力を制御しながら、これと同時に、第1及び第2の燃料供給手段を制御することができ、エゼクタと比例圧力制御弁等とを並列に配置しただけの単純な構成

で、例えば電氣的な制御等を必要とせずに機械的な制御のみで、容易に広範な出力範囲に亘って燃料電池を制御することができる

【0012】さらに、請求項2に記載の本発明の燃料電池の燃料供給装置は、前記燃料循環手段は、前記燃料電池で消費された前記燃料の消費流量（例えば、後述する実施の形態におけるモル流量 $Q_1$ ）に対する（前記燃料電池に供給された前記燃料／前記燃料の消費流量）特性（例えば、後述する実施の形態におけるストイキ（ $Q_4/Q_1$ ））が異なる（例えば、後述する実施の形態におけるストイキ特性 $E_1$ 、 $E_2$ ）複数のエゼクタ（例えば、後述する実施の形態における（第1）エゼクタ17、第2エゼクタ43）が並列に配置されてなり、前記複数のエゼクタの少なくとも1つが選択されて切替制御されることを特徴としている。

【0013】上記構成の燃料電池の燃料供給装置によれば、例えば図1に示すように、燃料電池の低出力側（低負荷領域）では、相対的に大きな下限ストイキ $ST$ を満たすように、例えばノズル径の小さなエゼクタ $E_1$ を用いてストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）を増大させておき、エゼクタ $E_1$ から排出される燃料の流量が最大流量 $Q_{E1}$ に到達した時点で、このエゼクタ $E_1$ を迂回するようにして並列に配置された第2の燃料供給手段、例えば圧力制御弁を開弁して燃料の供給を開始するように設定する。これにより、エゼクタ $E_1$ の最大流量 $Q_{E1}$ を超える領域においても、下限ストイキ $ST$ を満たすストイキ特性 $E_1b$ （図1に示す点線 $E_1b$ ）により、燃料電池に燃料を供給することができる。

【0014】さらに、例えばエゼクタ $E_1$ よりも相対的にノズル径が大きなエゼクタ $E_2$ が、エゼクタ $E_1$ を迂回するようにして並列に配置されており、このエゼクタ $E_2$ のストイキ特性（図1に示す実線 $E_2$ ）が、エゼクタ $E_1$ と第1の燃料供給手段との組み合わせによるストイキ特性 $E_1b$ に等しくなった位置（図1に示す位置 $\alpha$ ）で、例えば3方弁等によって、エゼクタ $E_1$ への燃料供給を停止して、エゼクタ $E_2$ へ燃料供給を行うように設定する。これにより、エゼクタ $E_1$ と第1の燃料供給手段との組み合わせによるストイキ特性 $E_1b$ に比べて、高出力側の領域におけるストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）を増大させることができる。

【0015】そして、エゼクタ $E_2$ から排出される燃料の流量が最大流量 $Q_{E2}$ に到達した時点で、再び圧力制御弁を開弁して、第2の燃料供給手段から燃料の供給を開始する。これにより、エゼクタ $E_2$ の最大流量 $Q_{E2}$ を超える領域においても、下限ストイキ $ST$ を満たすストイキ特性 $E_2b$ （図1に示す点線 $E_2b$ ）により、燃料電池に燃料を供給することができる。従って、下限ストイキ $ST$ が、例えば、より大きな消費流量 $Q_1$ に対して、より大きなストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）を要求する場合であっても、圧力流量特性の異なる複数のエゼクタを並列に

配置して、消費流量 $Q_1$ の増大に伴って順次、エゼクタを切り替えて燃料を供給することで、下限ストイキ $ST$ を満たすことができる。しかも、エゼクタによる燃料の供給流量が飽和した後は、第2の燃料供給手段により燃料を供給することができるため、より一層、広範な出力範囲に亘って燃料電池を制御することができる。

【0016】さらに、請求項3に記載の本発明の燃料電池の燃料供給装置は、前記切替制御は前記燃料電池の出力に応じて制御されることを特徴としている。上記構成の燃料電池の燃料供給装置では、例えば燃料電池の負荷に応じて、複数のエゼクタの少なくとも1つを選択する。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態に係る燃料電池の燃料供給装置について添付図面を参照しながら説明する。図2は本発明の一実施形態に係る燃料電池の燃料供給装置10の構成図であり、図3はエゼクタ17の側断面図である。本実施の形態による燃料電池の燃料供給装置10は、例えば電気自動車等の車両に搭載されており、燃料電池11と、燃料供給部12と、加湿部13と、酸化剤供給部14と、熱交換部15と、水分離部16と、エゼクタ17と、燃料供給側圧力制御部18と、バイパス側圧力制御部19とを備えて構成されており、特に、加湿部13及び水分離部16及びエゼクタ17を備えて再循環部20Aが構成されている。

【0018】燃料電池11は、例えば固体ポリマーイオン交換膜等からなる固体高分子電解質膜をアノードとカソードとで両側から挟み込んで形成されたセルに対し、複数のセルを積層して構成されたスタックからなり、燃料として例えば水素が供給される水素極と、酸化剤として例えば酸素を含む空気が供給される空気極とを備えている。そして、空気極には、酸化剤供給部14から空気が供給される空気供給口20aと、空気極内の空気を外部に排出するための空気排出弁21が設けられた空気排出口20bが設けられている。一方、燃料極には、燃料供給部12から水素が供給される燃料供給口20cと、燃料極内の水素を外部に排出するための燃料排出口20dが設けられている。

【0019】加湿部13は、燃料供給部12から供給される燃料に水蒸気を混合して水素を加湿してから燃料電池11へと供給し、固体分子電解質膜のイオン導電性を確保している。酸化剤供給部14は、例えばエアコンプレッサーからなり、燃料電池11の負荷やアクセルペダル（図示略）からの入力信号等に応じて制御されており、熱交換部15を介して、燃料電池11の空気極に加えて、燃料供給側圧力制御部18及びバイパス側圧力制御部19に空気を供給している。熱交換部15は、酸化剤供給部14からの空気を所定の温度に加湿して、燃料電池11へと供給している。

【0020】燃料供給部12と加湿部13とを接続する

流路には、燃料供給側圧力制御部18が設けられ、この燃料供給側圧力制御部18と加湿部13とを接続する流路には、エゼクタ17が設けられている。さらに、燃料供給側圧力制御部18と加湿部13とを接続する流路には、エゼクタ17を迂回するバイパス流路22が設けられており、このバイパス流路22にはバイパス側圧力制御部19が設けられている。

【0021】図3に示すように、エゼクタ17は、例えば、流体供給口31と、副流導入管32と、流体排出管33と、ノズル34と、副流室35とを備えて構成されている。エゼクタ本体17aの内部には、例えば軸線Oと同軸に略円柱状の空間からなる副流室35が形成されており、この副流室35には軸線Oと直交する方向に伸びる副流導入管32が接続されており、副流導入管32の一端は副流室35の内周面上で開口して、他端はエゼクタ本体17aの外面上で開口している。

【0022】エゼクタ17の軸線Oに沿った方向において、副流室35の一方の内壁面上から略円筒状のノズル34が軸線Oと同軸に突出しており、このノズル34の先端部が副流室35の他方の内壁面に近接するように配置されている。ノズル34の基端部には、エゼクタ本体17aの外面上で開口した流体供給口31が設けられ、ノズル34は基端部から先端部に向かい漸次縮径したテーパ状の内周面を有している。そして、副流室35の他方の内壁面上には、軸線O方向に沿ってエゼクタ本体17aを貫通する流体排出管33の一端が開口しており、流体排出管33の他端はエゼクタ本体17aの外面上で開口している。

【0023】エゼクタ17の流体供給口31には、燃料供給部12から燃料が供給されており、副流導入管32には燃料電池11の燃料排出口20dから排出された排出燃料が導入されている。ここで、流体供給口31から供給された燃料はノズル34を通過する過程で加速され、ノズル34の先端部から流体排出管33に向かって副流室35内に放出された高速の燃料流の近傍では、副流導入管32から副流室35内に導入された排出燃料が、高速の燃料流に引き込まれるようにして流体排出管33内へ連行される。これに伴って、副流室35内には負圧が発生して、この負圧を補うようにして副流導入管32から排出燃料が吸引される。

【0024】エゼクタ17で混合された燃料及び排出燃料は、流体排出管33から排出されて加湿部13へ供給されている。すなわち、燃料電池11から排出された排出燃料はエゼクタ17を介して循環させられている。なお、燃料電池11の燃料排出口20dには水分離部16が接続されており、この水分離部16で水分が除去された排出燃料は、逆止弁23を介してエゼクタ17の副流導入管32へ供給されている。

【0025】燃料供給側圧力制御部18及びバイパス側圧力制御部19は、例えば空気式の比例圧力制御弁から

なり、酸化剤供給部14から供給される空気の圧力を信号圧として、各圧力制御部18、19を通過した燃料が各圧力制御部18、19の出口で有する圧力、つまり供給圧を所定値に設定している。例えば、燃料供給側圧力制御部18では、信号圧：供給圧＝1：3に設定され、バイパス側圧力制御部19では、信号圧を $P_t$ 、所定圧 $\#P$ を例えば23kPaとして、図4に示す開弁特性のグラフ図のように、信号圧：供給圧＝ $P_t$ ：( $P_t + \#P$ )に設定されている。

【0026】本実施の形態による燃料電池の燃料供給装置10は上記構成を備えており、次に、この燃料電池の燃料供給装置10の動作について添付図面を参照しながら説明する。図5は燃料電池の燃料供給装置10における水素のモル流量 $Q_1 \sim Q_5$ と、燃料電池11の出力との関係を示すグラフ図である。なお、以下において、燃料供給部12から供給される燃料、つまり燃料電池11にて消費される水素のモル流量 $Q_1$ と、燃料電池11の燃料極に供給される水素のモル流量 $Q_4$ との比をストイキ( $Q_4/Q_1$ )と呼ぶ。ストイキ( $Q_4/Q_1$ ) (図5に示す実線( $Q_4/Q_1$ ))は、燃料電池11における水素の利用効率の逆数に等しく、ストイキ( $Q_4/Q_1$ )が大きいほど、水素を循環させる能力が高いことを表している。そして、例えば車両のアイドル運転時等における燃料電池11の負荷状態を基準として、所定の下限ストイキST (図5に示す太実線ST) が設定されており、この下限ストイキSTは、例えば、燃料電池11の内部に燃料を流通させるための構造や、例えば燃料電池11の内部で生成された水を外部に排出するために必要な排出燃料の流量や、燃料電池11を構成する触媒及び固体高分子電解質膜の特性等に応じて設定された燃料の利用効率に関する所定閾値の逆数である。

【0027】まず、酸化剤供給部14から、例えば燃料電池11の負荷やアクセルペダルの操作量等に応じて設定される適宜の圧力(信号圧 $P_t$ )の空気が、燃料電池11の空気極及び燃料供給側圧力制御部18及びバイパス側圧力制御部19に供給される。すると、燃料供給側圧力制御部18は、信号圧 $P_t$  (例えば100kPa)の3倍、つまり供給圧 $P_{se} = 3P_t$ でエゼクタ17及びバイパス流路22に向かい水素を供給する。一方、バイパス流路22のバイパス側圧力制御部19は、信号圧 $P_t$ 及び所定圧 $\#P$  (例えば23kPa)に対して、供給圧 $P_{sb} = (P_t + \#P)$ で水素を供給するように設定されており、この供給圧 $P_{sb}$  (例えば123kPa)は燃料供給側圧力制御部18から供給される水素の供給圧 $P_{se}$  (例えば300kPa)よりも小さい値に設定されている。

【0028】ここで、例えば図5に示す領域 $\beta 1$ のように、燃料電池11の出力が相対的に小さく、燃料極に供給される水素の流量が少ない状態では、エゼクタ17のノズル34を通過する水素の流量が少ないため、ノズル

34における圧力損失は小さい。この状態では、エゼクタ17の流体排出管33の出口における水素の出口圧は、燃料供給側圧力制御部18から供給される水素の供給圧 $P_{se}$ と大差なく、バイパス側圧力制御部19で設定される水素の供給圧 $P_{sb}$ よりも大きくなっている。このため、例えば空気式の圧力制御弁からなるバイパス側圧力制御部19は開弁されず、バイパス流路22から燃料電池11へ供給される水素のモル流量 $Q_3$  (図5に示す点線 $Q_3$ ) はゼロとなる。

【0029】これに対して、燃料電池11の出力が増大すると、燃料電池11で消費される水素の量が増大するので、燃料供給部12から供給される水素のモル流量 $Q_1$  (図5に示す一点破線 $Q_1$ ) が増大し、これに伴い、エゼクタ17のノズル34を通過する水素のモル流量 $Q_2$  (図5に示す実線 $Q_2$ ) も増加する。この場合、エゼクタ17のノズル34において水素の圧力損失が増大して、エゼクタ17の流体排出管33の出口における水素の出口圧は、燃料供給側圧力制御部18から供給される水素の供給圧 $P_{se}$ に比べて徐々に低下すると共に、エゼクタ17のノズル34を通過する水素のモル流量 $Q_2$  の増加傾向が緩やかとなって、いわゆる頭打ちの状態に近づいてゆく。なお、燃料供給部12から供給される水素の燃料供給側圧力制御部18の出口部でのモル流量 $Q_1$  は、燃料電池11にて消費される水素のモル流量 $Q_1$  に等しい。

【0030】そして、エゼクタ17の流体排出管33の出口における水素の出口圧が、バイパス側圧力制御部19で設定される供給圧 $P_{sb}$  (例えば123kPa) 以下になると、バイパス側圧力制御部19が開弁されて、例えば図5に示す領域 $\beta$ 2のようにモル流量 $Q_3$  が徐々に増大して、バイパス流路22から燃料電池11へ水素が供給されるようになる。なお、バイパス側圧力制御部19を開弁させるタイミングは、例えば、エゼクタ17のノズル34を通過する水素のモル流量 $Q_2$  の増加量が飽和した時点、つまりエゼクタ17のノズル34での圧力損失の変化量が飽和した時点に設定されているが、これに限定されず、バイパス側圧力制御部19に対する供給圧 $P_{sb} = (P_t + \#P)$  の所定圧 $\#P$  を変化させることで適宜のタイミングに調整可能である。

【0031】上述したように、本実施の形態による燃料電池の燃料供給装置10によれば、エゼクタ17とバイパス側圧力制御部19とを並列に配置しただけの単純な構成で、燃料電池の低出力領域から高出力領域に亘る広範な出力範囲に対して、所定の下限ストイキ $ST$ を満たすことができる。しかも、燃料供給側圧力制御部18及びバイパス側圧力制御部19は、酸化剤供給部14をなすエアーコンプレッサから供給される空気により制御されていることで、燃料電池11の燃料極と空気極との間で必要とされる所定の極間圧力を制御しながら、これと同時に、ストイキ特性を制御することができ、例えば

電気的な制御等を必要とせず機械的な制御のみで、容易に広範な出力範囲に亘って燃料電池11を制御することができ、装置が複雑化することを防いで、装置の製作費用の削減に資することが可能となる。

【0032】なお、上述した本実施形態においては、1つのエゼクタ17とバイパス側圧力制御部19が並列に配置されたとしたが、これに限定されず、例えばノズル径が異なる複数のエゼクタと、バイパス側圧力制御部19とが、並列に配置されても良い。以下に、本実施形態の変形例に係る燃料電池の燃料供給装置40について添付図面を参照しながら説明する。図6は本実施形態の変形例に係る燃料電池の燃料供給装置40の構成図である。なお、上述した実施の形態と同一部分には同じ符号を配して説明を簡略又は省略する。

【0033】燃料供給側圧力制御部18からエゼクタ17 (以下において、第1エゼクタ17と呼ぶ) へと向かう流路の途中に設けられたバイパス流路22への分岐部22aと、第1エゼクタ17とを接続する流路には、例えば3方弁41が設けられており、この3方弁41には第1エゼクタ17を迂回する第2エゼクタ用バイパス流路42が接続されており、この第2エゼクタ用バイパス流路42には、第2エゼクタ43が備えられている。3方弁41は、例えば燃料供給側圧力制御部18から供給される燃料の流量が所定流量になった時点で、燃料の供給先を第1エゼクタ17から第2エゼクタ43へと切り替える。第2エゼクタ43は、例えば第1エゼクタ17と同一の構成を備えており、第2エゼクタ43のノズル34は、例えば第1エゼクタ17よりも大きな内径を有している。すなわち、第2エゼクタ43の最大流量は第1エゼクタ17の最大流量よりも大きく設定されている。そして、第2エゼクタ43の副流導入管32には、燃料電池11の燃料排出口20dから排出されて水分離部16で水分が除去された水素が逆止弁23を介して供給されている。すなわち、再循環部40Aは、加湿部13及び水分離部16及び第1エゼクタ17に加えて、第2エゼクタ43及び3方弁41を備えて構成されている。

【0034】次に、この燃料電池の燃料供給装置40の動作について添付図面を参照しながら説明する。図7は燃料電池の燃料供給装置40における水素のモル流量 $Q_2$ 、 $Q_3$ と、燃料電池11の出力との関係を示すグラフ図である。なお、以下において、例えば、燃料電池11の負荷状態に応じて設定された下限ストイキ $ST_2$  (図7に示す太実線 $ST_2$ ) によるストイキ ( $Q_4/Q_1$ ) は、上述した実施の形態に係る下限ストイキ $ST$  (図7に示す一点破線 $ST$ ) によるストイキ ( $Q_4/Q_1$ ) よりも大きな値に設定されている。

【0035】まず、酸化剤供給部14から、例えば燃料電池11の負荷やアクセルペダルの操作量等に応じて設定される適宜の圧力 (信号圧 $P_t$ ) の空気が、燃料電池



11の空気極及び燃料供給側圧力制御部18及びバイパス側圧力制御部19に供給される。すると、燃料供給側圧力制御部18は、信号圧 $P_t$ （例えば100kPa）の3倍、つまり供給圧 $P_{se}=3P_t$ で3方弁41及びバイパス流路22に向かい水素を供給する。一方、バイパス流路22のバイパス側圧力制御部19は、信号圧 $P_t$ 及び所定圧 $\#P$ （例えば23kPa）に対して、供給圧 $P_{sb}=(P_t+\#P)$ で水素を供給するように設定されており、この供給圧 $P_{sb}$ （例えば123kPa）は燃料供給側圧力制御部18から供給される水素の供給圧 $P_{se}$ （例えば300kPa）よりも小さい値に設定されている。

【0036】ここで、例えば図7に示す領域 $\gamma_1$ のように、燃料電池11の出力が相対的に小さく、燃料極に供給される水素の流量が少ない状態では、燃料供給側圧力制御部18から供給される水素は、3方弁41を介して第1エゼクタ17へと供給されている。この状態では、第1エゼクタ17のノズル34を通過する水素の流量が少ないため、ノズル34における圧力損失が小さく、エゼクタ17の流体排出管33の出口における水素の出口圧は、燃料供給側圧力制御部18から供給される水素の供給圧 $P_{se}$ と大差なく、バイパス側圧力制御部19で設定される水素の供給圧 $P_{sb}$ よりも大きくなっている。このため、バイパス側圧力制御部19は開弁されず、バイパス流路22から燃料電池11へ供給される水素のモル流量 $Q_3$ （図7に示す点線 $Q_3$ ）はゼロであり、ストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）は、第1エゼクタ17のストイキ特性 $E_1$ （図7に示す破線 $E_1$ ）により決定されている。

【0037】これに対して、燃料電池11の出力、すなわち燃料電池11で消費される水素の量が増大すると、第1エゼクタ17のノズル34を通過する水素のモル流量 $Q_2$ （図7に示す実線 $Q_2$ ）も増加するが、この増加傾向は徐々に緩やかとなって、いわゆる頭打ちの状態に近づいてゆく。そして、第1エゼクタ17に対するモル流量 $Q_2$ が最大流量に到達して飽和する以前の所定のタイミング（図7に示す点 $\gamma_2$ ）で、3方弁41は燃料供給側圧力制御部18から流入する水素の供給先を、第1エゼクタ17から第2エゼクタ43へと切り替える。

【0038】第2エゼクタ43は、第1エゼクタ17よりも最大流量が大きく設定されているため、例えば図7に示す領域 $\gamma_3$ のように、燃料電池11の出力の増大に応じて、第2エゼクタ43のノズル34を通過する水素のモル流量 $Q_2$ （図7に示す実線 $Q_2$ ）が徐々に増加する。なお、3方弁41によって、水素の供給先が第1エゼクタ17から第2エゼクタ43へと切り替えられる際には、第2エゼクタ43のストイキ特性 $E_2$ （図7に示す破線 $E_2$ ）によるストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）が、下限ストイキ $ST_2$ によるストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）よりも大きくなって、下限ストイキ $ST_2$ が満たされているように

設定されている。

【0039】そして、第2エゼクタ43のノズル34を通過する水素のモル流量 $Q_2$ が増加することに伴って、第2エゼクタ43のノズル34において水素の圧力損失が増大して、第2エゼクタ43の流体排出管33の出口における水素の出口圧が、バイパス側圧力制御部19で設定される供給圧 $P_{sb}$ （例えば123kPa）以下になると、バイパス側圧力制御部19が開弁されて、例えば図7に示す領域 $\gamma_4$ のように、モル流量 $Q_3$ が徐々に増大してバイパス流路22から燃料電池11へ水素が供給されるようになる。

【0040】上述したように、本実施形態の変形例に係る燃料電池の燃料供給装置40によれば、要求されるストイキ特性が適宜に変更された場合であっても、圧力流量特性の異なる複数、例えば2つの第1及び第2エゼクタ17、43を並列に配置しただけの単純な構成で、燃料の消費流量 $Q_1$ の増大に伴って順次、第1エゼクタ17から第2エゼクタ43へと切り替えて燃料を供給することで、容易に対応することができる。

【0041】なお、上述した本実施形態においては、燃料供給側圧力制御部18及びバイパス側圧力制御部19は空気式の比例圧力制御弁からなるとしたが、これに限定されず、その他の圧力制御弁であっても良い。また、上述した本実施形態においては、3方弁41によって、水素の供給先を切り替えるとしたが、これに限定されず、その他の制御弁であっても良い。

【0042】なお、上述した本実施形態においては、車両のアイドル運転時等における燃料電池11の負荷状態を基準として、所定の下限ストイキ $ST$ が設定されとしたが、これに限定されず、燃料電池11の低出力運転時における、その他の負荷状態を基準として下限ストイキ $ST$ が設定されていても良い。

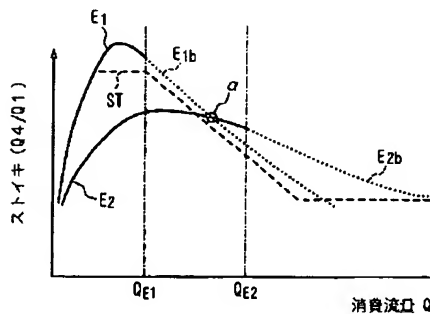
【0043】また、上述した本実施形態においては、3方弁41によって、水素の供給先が第1エゼクタ17から第2エゼクタ43へと切り替えられるタイミングは、第1エゼクタ17に対するモル流量 $Q_2$ が、最大流量に到達して飽和するより以前であって、かつ、第2エゼクタ43のストイキ特性 $E_2$ によるストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）が、下限ストイキ $ST$ によるストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）よりも大きくなっている状態であるとしたが、これに限定されず、例えば図1に示したように、第1エゼクタ17（例えば図1示すエゼクタ $E_1$ ）が最大流量（例えば図1に示す最大流量 $Q_{E1}$ ）に到達して飽和した時に、第2エゼクタ43（例えば図1示すエゼクタ $E_2$ ）のストイキ特性 $E_2$ によるストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）が、下限ストイキ $ST$ によるストイキ（ $Q_4/Q_1$ ）よりも小さくなっているとしても良い。この場合、第1エゼクタ17を通過する流量が飽和したと判定された時に、バイパス側圧力制御部19が開弁してバイパス流路22から燃料電池11へ燃料が供給されるように設定されていれば良

く、さらに、第2エゼクタ43のストイキ特性によるストイキ ( $Q4/Q1$ ) が、エゼクタE1とバイパス側圧力制御部19との組み合わせによるストイキ特性E1b (図1に示す点線E1b) によるストイキ ( $Q4/Q1$ ) に等しくなった時点 (図1に示す位置 $\alpha$ ) で、3方弁41によって、燃料の供給先を第1エゼクタ17から第2エゼクタ43へと切り替えても良い。

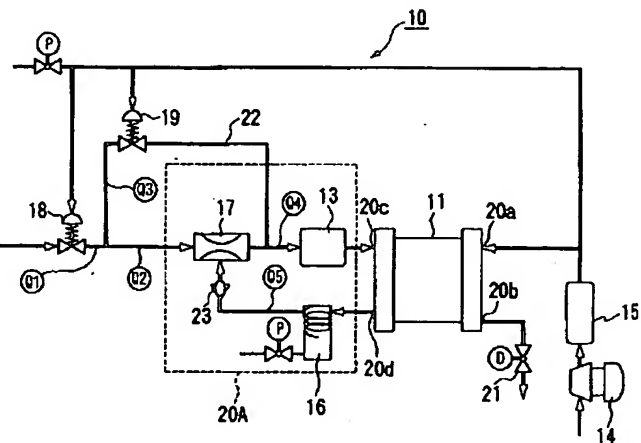
【0044】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に記載の本発明の燃料電池の燃料供給装置によれば、燃料循環手段を通過する燃料の流量が、最大流量に達して飽和した場合であっても、この燃料循環手段を迂回する第2の燃料供給手段を介して燃料電池に燃料を供給することができ、燃料循環手段と第2の燃料供給手段とを並列に配置しただけの単純な構成で、例えば電気的な制御等を必要とせず、機械的な制御のみで、容易に広範な出力範囲に亘って燃料電池を制御することができる。さらに、請求項2に記載の本発明の燃料電池の燃料供給装置によれば、燃料電池で消費された燃料の消費流量に対する (燃料電池に供給された燃料/燃料の消費流量) 特性に関して、例えば要求される所定の特性が変更された場合であっても、エゼクタを切り替えて燃料を供給することで容易に対応することができる。さらに、請求項3に記載の本発明の燃料電池の燃料供給装置によれば、燃料電池の出力に応じて、エゼクタの切替制御を適切に行うことができる。

【図1】



【図2】



【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の燃料電池で消費される燃料の流量 $Q1$ に対する、燃料電池に供給される燃料の流量 $Q4$ の比 (ストイキ ( $Q4/Q1$ )) の変化を示すグラフ図である。

【図2】 本発明の一実施形態に係る燃料電池の燃料供給装置の構成図である。

【図3】 図2に示すエゼクタの側断面図である。

【図4】 図2に示すバイパス側圧力制御部の開弁特性のグラフ図である。

【図5】 図2に示す燃料電池の燃料供給装置における燃料のモル流量と、燃料電池の出力との関係を示すグラフ図である。

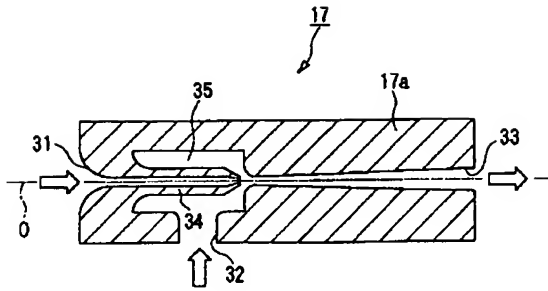
【図6】 図2に示す本実施形態の燃料電池の燃料供給装置の変形例を示す構成図である。

【図7】 図6に示す本実施形態の変形例に係る燃料電池の燃料供給装置における燃料のモル流量と、燃料電池の出力との関係を示すグラフ図である。

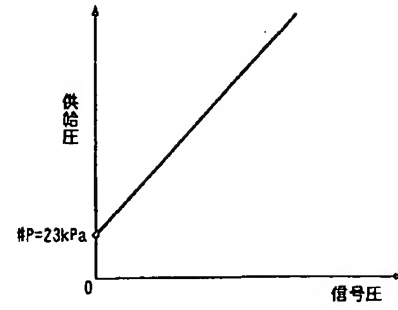
【符号の説明】

- 10、40 燃料電池の燃料供給装置
- 11 燃料電池 (燃料電池)
- 14 酸化剤供給部 (酸化剤供給手段)
- 17 (第1)エゼクタ (燃料循環手段)
- 18 燃料供給側圧力制御部 (第1の燃料供給手段)
- 19 バイパス側圧力制御部 (第2の燃料供給手段)
- 43 第2エゼクタ (燃料循環手段)

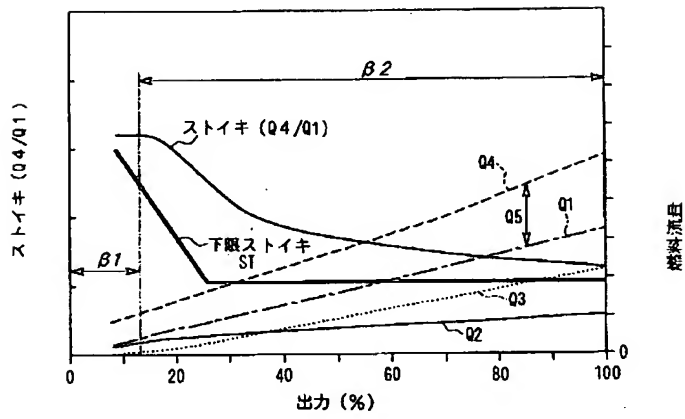
【図3】



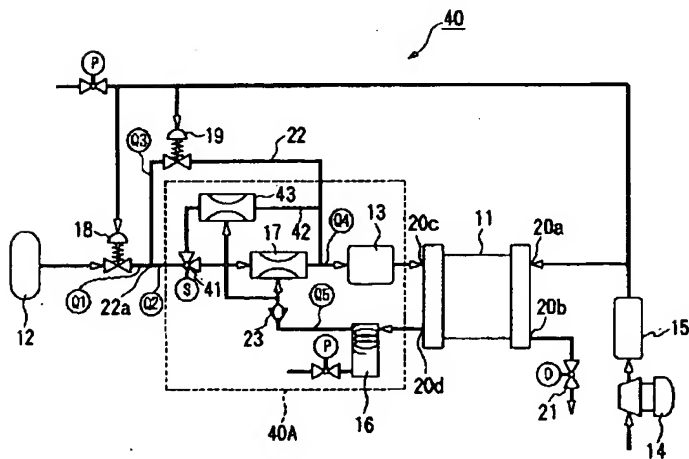
【図4】



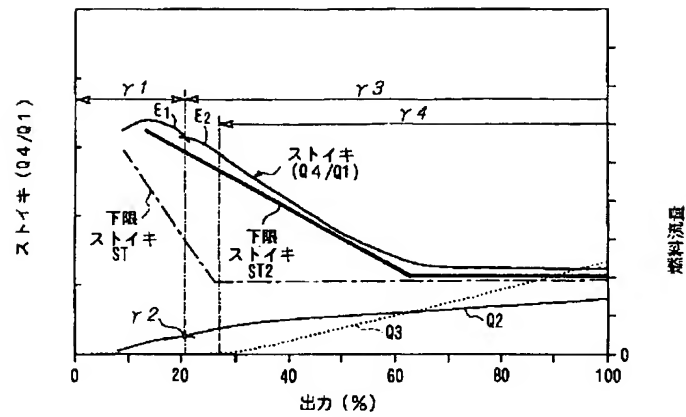
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3H079 AA18 AA23 AA28 BB05 CC13  
CC21 DD02 DD03 DD12 DD16  
DD23 DD24 DD25 DD28 DD52  
DD60  
5H026 AA06  
5H027 AA06 KK05 KK06 KK11 KK25  
KK26 KK52 MM09